

UNITED STATES PATENT APPLICATION

of

KARL-HEINZ RESTLE

and

REINER SCHULTHEISS

for

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEAUFSCHLAGUNG DES
KÖRPERS EINES LEBEWESENS MIT DRUCKWELLEN

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Beaufschlagung des Körpers eines Lebewesens mit Druckwellen

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beaufschlagung des Körpers eines Lebewesens mit extrakorporal erzeugten akustischen Druckwellen.

10 Akustische Druckwellen werden in der Medizin in verschiedenen Formen eingesetzt, z.B. als Ultraschallwellen, als gepulste Ultraschallwellen und als Stoßwellen.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

70

75

80

85

90

95

100

105

110

115

120

125

130

135

140

145

150

155

160

165

170

175

180

185

190

195

200

Akustische Stoßwellen sind gekennzeichnet durch einen kurzen positiven Druckimpuls mit steilem Anstieg und hoher Amplitude, an den sich ein negativer Druckimpuls geringer Amplitude und größerer zeitlicher Dauer anschließt. Es ist bekannt, solche akustischen Stoßwellen in der Medizin zu verwenden, z.B. zum Zerstören von Körperkonkrementen, insbesondere von Nierensteinen. Ebenso werden Stoßwellen verwendet, um das Knochenwachstum zu stimulieren oder um Weichteil-Gewebe zu behandeln. Die Dosierung der Stoßwellen erfolgt bei der Behandlung im allgemeinen empirisch. Pulsenergie, Eindringtiefe, Schußfrequenz und Schußzahl werden nach Erfahrungswerten gewählt. Dies bedeutet zum einen, daß die Behandlung eine große ärztliche Erfahrung voraussetzt, was für die Einsatzmöglichkeiten der entsprechenden Geräte nachteilig ist. Zum anderen ist der therapeutische Erfolg bei diesen empirischen Verfahren häufig nicht optimal, da eine zu geringe Dosis den gewünschten Erfolg verringert, während eine zu große Dosis zu unerwünschten Schädigungen des nicht zu behandelnden Gewebes führen kann.

35

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beaufschlagung des Körpers eines Lebewesens mit extrakorporal erzeugten akustischen Druckwellen, insbesondere Stoßwellen, zur Verfügung zu stellen, welche eine gute Kontrolle und Dosierung der Wirkung der Druckwellen ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 8.

- 5 Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den jeweils rückbezogenen Unteransprüchen angegeben.

Der Erfindung liegt zunächst die Erkenntnis zugrunde, daß die Beaufschlagung von Körpergewebe mit Druckwellen, insbesondere mit Stoßwellen mit einer Kavitationswirkung verbunden sein kann. Eine solche Kavitation entsteht dadurch, daß Gasblasen in dem Gewebe durch den Druck der Stoßwelle beeinflusst werden. Der positive Puls der Stoßwelle führt zu einer Komprimierung der Gasblasen, während die anschließende negative Druckamplitude zu einer Ausdehnung und Vergrößerung der Gasbläschen führt. Das Auftreten solcher Kavitationsblasen ist somit ein Indiz für die Wirkung der Stoßwelle. Darüber hinaus können Kavitationsblasen durch Stoßwellen immer auch dann erzeugt werden, wenn das beaufschlagte Medium inhomogen oder verunreinigt ist. Inhomogenitäten oder Verunreinigungen dienen als Kavitationskeime.

Die Entstehung von Kavitationsblasen läßt sich akustisch nachweisen (Cleveland, Sapozhnikov, Bailey and Crum "A dual passive cavitation detector for localized detection of lithotripsy-induced cavitation in vitro" in J. Acoust.Soc.Am. 107 (3), March 2000). Die Kavitationsbläschen erzeugen ein akustisches Signal, welches in der Regel als Doppel-Signal auftritt, wobei ein erstes Signal die Kompression der Bläschen durch den positiven Druckpuls der Stoßwelle anzeigt, während ein zweites Signal mit zeitlicher Verzögerung erzeugt wird, wenn die durch die negative Druckamplitude vergrößerten Kavitationsblasen wieder kollabieren. Die Kavitationsblasen können über diese akustischen Signale mittels akustischer Empfänger registriert und lokalisiert werden.

Erfindungsgemäß wird bei der Beaufschlagung des Körpers eines Lebewesens, d.h. eines Menschen oder eines Tieres extrakorporal wenigstens ein akustischer Empfänger angeordnet, um die

bei der Beaufschlagung mit der Stoßwelle entstehenden Kavitationsblasen festzustellen und ggf. zu lokalisieren. Über die Bestimmung der Kavitationsblasen kann dadurch die Wirkung der Stoßwelle in dem beaufschlagten Gewebe meßtechnisch erfaßt werden. Der behandelnde Arzt ist somit nicht mehr auf Erfahrungswerte bei der Dosierung der Stoßwellen angewiesen, sondern kann bei jeder Behandlung individuell die Dosierung optimieren.

Bei einer Druckwellen-Behandlung kann beispielsweise zunächst mit einer niedrigen Pulsenergie begonnen werden, bei welcher noch keine Kavitation auftritt, d.h. die akustischen Empfänger noch keine Signale empfangen. Dann wird die Pulsenergie der Stoßwelle oder Druckwelle vergrößert. Die Einstellung bzw.

Vergrößerung der Energie erfolgt entsprechend der zur Erzeugung der Stoßwellen verwendeten Technik, z.B. elektrohydraulische, elektromagnetische, piezoelektrische oder ballistische Erzeugung. Bei einer Erzeugung der Stoßwelle durch Funkenentladung in einer Flüssigkeit kann z.B. die angelegte Hochspannung vergrößert werden. Das Einsetzen der Kavitation wird dabei akustisch über die Empfänger festgestellt. Eine weitere Erhöhung der Pulsenergie führt zu einer stärkeren Kavitationswirkung. Mit Hilfe der akustischen Überwachung der Kavitationswirkung kann somit die Energie der Stoßwelle auf einen solchen Wert eingestellt werden, der einerseits die beste therapeutische Wirkung verursacht, wobei andererseits eine zu hohe Energie vermieden werden kann, die den therapeutischen Effekt nicht verbessert, jedoch schädigende Wirkung hervorrufen kann.

Die optimalen Pulsparameter der Stoßwelle können in einem oder einigen wenigen Schuß ermittelt und eingestellt werden. Die weitere Behandlung kann dann mit den in dieser Weise eingestellten Stoßwellen-Parametern optimal durchgeführt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung eignen sich besonders für eine automatische Regelung. Hierbei werden die für eine optimale Behandlung geeigneten Stoßwellen-Parameter als Soll-Wert der zugehörigen Kavitationswirkung vorgegeben. Die durch die Stoßwellen erzeugte Kavi-

tation wird als Ist-Wert mittels der extrakorporalen Empfänger gemessen und die Stoßwellen-Parameter werden automatisch geregelt, um den gemessenen Ist-Wert der Kavitation auf den vorgegebenen Soll-Wert einzustellen.

5

Aufgrund der Messung der Stoßwellen-Wirkung mittels der Kavitation kann die gewünschte Behandlung optimal durchgeführt werden, ohne daß eine ärztliche Erfahrung oder eine ärztliche Mitwirkung notwendig ist. Es muß lediglich die Stoßwelle oder Druckwelle, d.h. deren Energie, Pulsform, Pulsfolge, Anstiegszeit, Zuganteil usw. oder auch die Positionierung oder Fokussierung manuell oder automatisch über die Regelung so eingestellt werden, daß die gemessene Kavitation den vorgegebenen Wert annimmt. Da die Stoßwellen-Erzeugung entsprechend der tatsächlich gemessenen Ist-Wirkung in dem zu behandelnden Zielgebiet erfolgt, werden automatisch Unterschiede in der Gewebestruktur bei verschiedenen Patienten berücksichtigt, unterschiedliche Schwächungen der Stoßwellen beim Durchlaufen des Körpers bis zu dem Zielgebiet z.B. infolge der durchlaufenden Gewebestrukturen, der Gewebedicke usw. werden kompensiert, Änderungen der Gewebestruktur z.B. infolge von Atmungsbewegungen des Patienten werden berücksichtigt und schließlich können auch zeitliche Änderungen der Gewebestruktur, z.B. infolge der Einwirkung der Stoßwellen selbst ausgeglichen werden.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

30

Die akustische Messung der Wirkung der Stoßwellen in dem Zielgebiet kann auch in anderer Weise ausgenutzt werden. Die Abhängigkeit der Bildung von Kavitationsblasen von der Gewebestruktur kann z. B. ausgenutzt werden, um mittels vorgegebener Stoßwellen die Gewebestruktur, -beschaffenheit oder -differenzierung zu analysieren.

35

Werden Druckwellen vorgegebener Energie in den Körper eingebracht, so können Grenzflächen zwischen unterschiedlichem Gewebematerial aufgrund der sich an dieser Grenzfläche ändernden Kavitationswirkung festgestellt werden. Dies kann beispielsweise mit Vorteil dann ausgenutzt werden, wenn Knochen mit Stoßwellen beaufschlagt werden, um das Knochenwachstum zu sti-

mulieren. Mittels der sich an der Knochenoberfläche sprunghaft ändernden Kavitationswirkung kann eine exakte Fokussierung oder Positionierung der Stoßwelle bzw. eine Ermittlung der Grenzfläche ermöglicht werden.

Weiter kann auch die Gewebestruktur in einem größeren räumlichen Gebiet abgetastet werden, um eine Abbildung der Gewebeanatomie zu erhalten. Hierzu kann ein größeres Zielgebiet mit Druckwellen vorgegebener Parameter beaufschlagt werden und die sich entsprechend der unterschiedlichen Gewebestruktur örtlich ändernde Kavitationsblasenbildung kann mittels fokussierter Empfänger differentiell abgetastet werden.

Umgekehrt ist es auch möglich, bei einer bekannten Gewebestruktur des Zielgebietes mittels der gemessenen räumlichen Verteilung der Kavitationswirkung das räumliche Druckfeld der Druckwelle zu ermitteln und darzustellen, z.B. um die Fokussierung der Stoßwellen-Quelle zu ermitteln und zu kontrollieren.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierzu ist in Figur 1 schematisch eine Vorrichtung gemäß der Erfindung dargestellt.

In Figur 1 ist ein Stoßwellen-Generator 1 mit einem Behandlungskopf 2 gezeigt. Der Stoßwellen-Generator 1 enthält in an sich bekannter Weise die Strom- und Spannungsversorgung sowie die zugehörige Steuerelektronik. Der Behandlungskopf 2 ist ein an sich bekannter Druckwellen- oder Stoßwellen-Generator und weist z.B. ein Flüssigkeitsvolumen mit einer Stoßwellen-Quelle auf, die z.B. aus zwei Hochspannungs-Elektroden, Piezoelementen usw. besteht. Der Behandlungskopf 2 wird auf die Oberfläche des Körpers des zu behandelnden Menschen oder Tieres aufgesetzt und kann die in dem Behandlungskopf 2 erzeugten Stoßwellen in den Körper einkoppeln und in ein Zielgebiet im Körperinneren fokussieren.

Weiter weist die Vorrichtung wenigstens einen akustischen Empfänger auf, vorzugsweise zwei Empfänger, die mit 3a und 3b be-

zeichnet sind. Weitere entsprechend ausgebildete Empfänger können ggf. verwendet werden. Die Empfänger 3a, 3b sind Mikrophone oder Hydrophone, die vorzugsweise extrakorporal auf die Körperoberfläche aufgesetzt werden. Vorzugsweise sind die Empfänger 3a, 3b fokussierbar, so daß sie gerichtet akustische Signale aus einem definierten Zielgebiet empfangen.

Die von den Empfängern 3a, 3b empfangenen akustischen Signale werden in den Empfänger 3a, 3b in elektrische Signale umgewandelt, die einer Auswertelektronik 4 zugeführt werden. Bei der Verwendung von zwei oder mehr Empfängern 3a, 3b enthält die Auswertelektronik insbesondere eine Koinzidenzeinrichtung, die die Zuordnung der von den verschiedenen Empfängern 3a, 3b aufgenommenen Signale zu demselben Ereignis, d.h. demselben Kavitationsblasen ermöglicht. Die Auswertelektronik 4 dient insgesamt dazu, den gemessenen Kavitationseffekt zu qualifizieren und z. B. den Ort, die Größe, die Lebensdauer, die Menge und/oder die Dichte der Kavitationsblasen anzugeben. Die in der Auswertelektronik 4 ausgewerteten Signale werden in einer Anzeigeeinheit 5 dargestellt. Die Darstellung der Signale in der Anzeigeeinheit 5 kann in unterschiedlicher Weise erfolgen. Die einfachste Art der Anzeige besteht in einer Leuchtanzeige, die lediglich anzeigt, ob akustische Signale empfangen werden oder nicht. Eine informativere Anzeige kann aus drei Anzeigelampen bestehen, die jeweils anzeigen, ob die Wirkung der über den Behandlungskopf 2 in das Zielgebiet eingebrachte Stoßwellen-Energie unter der Kavitationsschwelle, an der Kavitationschwelle oder über der Kavitationsschwelle liegt. Weiter ist es möglich, die Anzeigeeinheit 5 mit einer analogen Anzeige auszustatten, z.B. einer Zeigeranzeige oder einer Leuchtbandsanzeige, um die über die Empfänger 3a, 3b aufgenommenen akustischen Signale der Kavitationsblasen quantitativ anzuzeigen.

Die in der Auswertelektronik 4 verarbeiteten Signale werden außerdem einem Rückkopplungssystem 6 zugeführt, das zusätzlich zu der Anzeigeeinheit 5 vorgesehen sein kann oder diese Anzeigeeinheit 5 vollständig ersetzt.

Das Rückkopplungssystem 6 kann folgende Funktionen ausführen, die gemeinsam oder alternativ vorgesehen sein können. Das Rückkopplungssystem 6 kann über eine automatische Regelung 6a auf den Stoßwellen-Generator 1 einwirken, um die Einstellungsparameter für den Behandlungskopf 2 so zu steuern, daß der über die Empfänger 3a, 3b gemessene Ist-Wert der Kavitation auf einen vorgegebenen Soll-Wert geregelt wird. Weiter kann das Rückkopplungssystem 6 über einen Stellsignalgenerator 6b Stellsignale für den Ausrichtmechanismus der Empfänger 3a, 3b erzeugen. Schließlich kann das Rückkopplungssystem 6 über einen Bildgenerator 6c Daten für ein bildverarbeitendes System 7 erzeugen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung bietet folgende Verwendungsmöglichkeiten.

Soll ein bestimmter Bereich des Körpers eines Patienten mit Stoßwellen behandelt werden, so wird der Behandlungskopf 2 auf den Körper des Patienten aufgesetzt und auf das Zielgebiet fokussiert. Ebenso werden die Empfänger 3a, 3b auf die Körperoberfläche aufgesetzt und auf dieses Zielgebiet fokussiert. Wird der Stoßwellen-Generator 1 in Betrieb gesetzt, so messen die Empfänger 3a, 3b die durch die Stoßwellen in dem Zielgebiet verursachte Wirkung aufgrund der in dem Zielgebiet erzeugten Kavitationsblasen. Die Stoßwellen-Wirkung in dem Zielgebiet wird an der Anzeigeeinheit 5 angezeigt. Das Bedienpersonal kann den Stoßwellen-Generator 1 aufgrund der Anzeige der Anzeigeeinheit 5 so einstellen, daß die gewünschte Stoßwellen-Wirkung im Zielgebiet erzeugt wird. Bei Verwendung des Rückkopplungssystems 6 kann der Regelung 6a ein Soll-Wert der Stoßwellen-Wirkung vorgegeben werden, der dann automatisch über den Stoßwellen-Generator 1 eingeregelt wird. Auf diese Weise kann beispielsweise die Behandlung des Zielgebietes mit den Stoßwellen nach dem Prinzip "soviel wie nötig, so wenig wie möglich" durchgeführt werden.

Soll ein definiertes lokal begrenztes Zielgebiet mit Stoßwellen beaufschlagt werden, so werden die von dem Behandlungskopf 2 ausgesandten Stoßwellen auf dieses Zielgebiet fokussiert.

Die Wirkung der Stoßwellen und die Bildung von Kavitationsblasen ist dementsprechend in diesem Zielgebiet am stärksten. Da die Kavitationsblasen bei zunehmender Stoßwellen-Energie daher zunächst in diesem Zielgebiet entstehen, kann für eine einfache Messung ein einziger Empfänger 3 ausreichend sein, wobei dieser Empfänger 3 auch nicht auf das Zielgebiet fokussiert sein muß. Eine einfache Bestimmung der Kavitationsschwelle in dem Zielgebiet kann mit einem einzigen integral messenden unfokussierten Empfänger 3 durchgeführt werden.

Die Verwendung von fokussierten Empfängern 3 und von zwei oder mehr Empfängern 3a, 3b ermöglicht zusätzlich eine genauere räumliche Messung der Kavitation. Dadurch können Störsignale ausgeblendet werden. Bei einer höheren Dosierung der Stoßwellen, bei der es zu einer stärkeren Ausbreitung der Kavitationswirkung kommt, kann die Stoßwellen-Wirkung in einem speziellen Zielgebiet gemessen werden. Ebenso kann die räumliche Verteilung der Stoßwellen-Wirkung mittels fokussierter Empfänger 3a, 3b bestimmt werden.

Eine Koinzidenzmessung mit wenigstens zwei fokussierten Empfängern 3a, 3b bietet die Möglichkeit, den Entstehungsort der akustischen Signale räumlich innerhalb eines Volumens mit einem Durchmesser von 0,2 bis 20 mm zu lokalisieren. Dadurch ist es möglich, die durch die Stoßwellen erzeugten Kavitationsblasen auch in ihrer räumlichen Verteilung und Intensität differenziell abzutasten. Hierzu können die Empfänger 3a, 3b räumlich bewegt und ausgerichtet werden, wozu ggf. auch der Stellensignalgenerator 6b des Rückkopplungssystems 6 verwendet werden kann. Die bei einer solchen räumlichen Abtastung gemessene räumliche Verteilung und Intensität der gebildeten Kavitationsblasen kann über den Bildgenerator 6c des Rückkopplungssystems 6 in einem bildverarbeitenden System 7 räumlich auf einem Monitor dargestellt und/oder aufgezeichnet werden.

Die Messung der räumlichen Verteilung und Intensität der erzeugten Kavitationsblasen durch die fokussierten Empfänger 3a, 3b und ggf. weitere Empfänger in Koinzidenzschaltung eröffnet folgende weitere Verwendungsmöglichkeiten.

Wird das Stoßwellenfeld in dem Körpergewebe räumlich differenziell mittels der Empfänger 3a, 3b abgetastet, so können Unterschiede in der Gewebestruktur aufgrund der unterschiedlichen Kavitationswirkung ermittelt werden. Insbesondere können Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Gewebematerialien bestimmt werden, die mit einer Unstetigkeit in der Impedanz für die durchlaufenden Stoßwellen und einer erhöhten Stoßwellen-Reflexion verbunden sind. Dies kann beispielsweise dazu genutzt werden, um die Oberfläche eines zu behandelnden Knochens, ein zu zerstörendes Kalkdepot oder ein Körperkonkrement zu ermitteln, so daß die Stoßwellen auf dieses Zielgebiet fokussiert oder exakt positioniert werden können.

Weiter kann auch die anatomische Gewebestruktur in einem größeren räumlichen Gebiet vermessen und ggf. bildlich aufgenommen werden. Hierzu wird das von dem Behandlungskopf 2 erzeugte Stoßwellenfeld und das Fokusgebiet der Empfänger 3a, 3b simultan verschoben. Da bei identischer Stoßwellen-Einwirkung das gemessene Kavitationssignal von dem Charakter des jeweils beaufschlagten Gewebes abhängt, kann hierdurch eine dreidimensionale bildliche Darstellung der Gewebestruktur erhalten werden. Eine entsprechende Bestimmung der Gewebestruktur kann dadurch erhalten werden, daß für jeden Zielpunkt des räumlichen Bereichs die Kavitationsschwelle der Stoßwellen-Energie gemessen wird, an welcher die Kavitation einsetzt.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, mittels der fokussierten Empfänger 3a, 3b das durch den Behandlungskopf 2 erzeugte Stoßwellenfeld räumlich zu vermessen. Hierbei wird bei einer bekannten Gewebestruktur, die z.B. mittels Ultraschall gemessen wurde, die durch das Stoßwellenfeld verursachte Kavitation räumlich vermessen. Aus der bekannten räumlichen Verteilung der Gewebestruktur und der gemessenen Kavitation kann dann die räumliche Verteilung der Stoßwellen-Wirkung und damit das räumliche Druckfeld berechnet und ggf. dargestellt werden.

Bezugszeichenliste

5	1	Stoßwellen-Generator
	2	Behandlungskopf
	3a/3b	Empfänger
	4	Auswerteelektronik
	5	Anzeigeeinheit
10	6	Rückkopplungssystem
	6a	Regelung
	6b	Stellsignalgenerator
	6c	Bildgenerator
	7	bildverarbeitendes System

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beaufschlagung des Körpers eines Lebewesens mit extrakorporal erzeugten akustischen Druckwellen, insbesondere Stoßwellen,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Wirkung der Druckwellen in dem beaufschlagten Zielgebiet des Körpers mittels der in dem Gewebe des Körpers erzeugten Kavitationssblasen bestimmt wird, indem deren akustische Signale durch wenigstens einen vorzugsweise extrakorporal angeordneten Empfänger aufgenommen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass mittels der akustischen Signale ein Ist-Wert der Wirkung der Druckwellen, in einem gewählten Zielgebiet gemessen wird und daß die Parameter der erzeugten Druckwellen so eingestellt werden, daß die Wirkung der Druckwellen in dem Zielgebiet einen vorgebbaren Soll-Wert erreicht.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Parameter der erzeugten Druckwellen mittels einer automatischen Regelung eingestellt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Druckwellen-Wirkung in dem Zielgebiet des Körpers mittels der durch wenigstens einen fokussierten Empfänger gemessenen Kavitationswirkung räumlich abgetastet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die örtliche Änderung der gemessenen Kavitationswirkung zur Bestimmung der Grenzfläche zwischen unterschiedlichen Gewebematerialien ausgewertet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass die örtliche Änderung der gemessenen Kavitationswirkung zur Bestimmung der räumlichen Gewebeanatomie ausgewertet wird.

5 7. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die räumliche Änderung der Kavitationswirkung mit wenigstens einem fokussierten Empfänger abgetastet wird und daß aus der gemessenen räumlichen Verteilung der Kavitationswirkung und der bekannten Gewebestruktur das räumliche Druckfeld der Druckwellen berechnet wird.

8. Vorrichtung zur Beaufschlagung des Körpers eines Lebewesens mit extrakorporal erzeugten akustischen Druckwellen, mit einem Druckwellen-Generator (1) und einem Behandlungskopf (2),
gekennzeichnet durch wenigstens einen an die Oberfläche des Körpers ankoppelbaren akustischen Empfänger (3a, 3b) zur Aufnahme der akustischen Signale der durch die Druckwellen erzeugten Kavitationsblasen und durch eine Auswerteelektronik (4), der die Signale des wenigstens einen Empfängers (3a, 3b) zugeführt werden, wobei die Parameter der durch den Druckwellen-Generator (1) erzeugten Druckwellen entsprechend den in der Auswerteelektronik (4) verarbeiteten Signalen eingestellt werden.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Empfänger (3a, 3b) fokussierbar ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Empfänger (3a, 3b) in Koinzidenz geschaltet sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet, dass das Fokusgebiet des wenigstens einen fokussierten Empfängers (3a, 3b) zur Abtastung eines Zielgebiets des Körpers räumlich verstellbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteelektronik (4) eineanzeigeeinheit (3) steuert, die den gemessenen Kavitationseffekt anzeigt.

5

13. Vorrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteelektronik (4) ein Rückkopplungssystem (6) ansteuert.

10

14. Vorrichtung nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass das Rückkopplungssystem (6) eine Regelung (6a) einschließt, die den Druckwellen-Generator (1) so steuert, daß der durch den wenigstens einen Empfänger (3a, 3b) und die Auswerteelektronik (4) ermittelte Ist-Wert des Kavitationseffekts auf einen vorgebbaren Soll-Wert geregelt wird.

15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

15. Vorrichtung nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass das Rückkopplungssystem (6) einen Stellsignal-Generator (6b) einschließt, der die räumliche Verstellung des wenigstens einen Empfängers (3a, 3b) steuert.

16. Vorrichtung nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass das Rückkopplungssystem (6) einen Bildgenerator (6c) einschließt, der die durch die Auswerteelektronik (4) erzeugten Daten einem bildverarbeitenden System (7) zuführt.

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Beaufschlagung des Körpers eines Lebewesens mit Druckwellen

5

Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beaufschlagung des Körpers eines Lebewesens mit extrakorporal erzeugten Druckwellen, insbesondere akustischen Stoßwellen beschrieben. Die Wirkung der Stoßwellen in dem beaufschlagten Zielgebiet des Körpers wird mittels extrakorporal angeordneter Empfänger gemessen, die die akustischen Signale aufnehmen, welche die in dem Gewebe durch die Stoßwellen verursachten Kavitationsblasen erzeugen. Die gemessene Kavitationswirkung kann zur Steuerung und Regelung der Dosierung der Stoßwellen verwendet werden.

10

Bei Verwendung von fokussierten Empfängern ist eine räumliche Abtastung der Kavitationswirkung möglich, wodurch die Fokussierung der Stoßwellen gesteuert, die Gewebestruktur abgetastet und das Druckfeld der Stoßwellen vermessen werden können.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

217/177